DOI: 10.5846/stxb201609031797
王雅敬,谢炳庚,李晓青,赵卫权,王金艳,罗海波.喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡.生态学报,2017,37(21):7030-7038.
Wang Y J, Xie B G, Li X Q, Zhao W Q, Wang J Y, Luo H B. Ecosystem carrying capacity balance of the Karst region in China, based on the supply and demand of cultivated land. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(21):7030-7038.

喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡

王雅敬[1,2],谢炳庚[1,*],李晓青[1],赵卫权[3],王金艳[2],罗海波[2]
1 湖南师范大学资源与环境科学学院,长沙 410080
2 铜仁市国土资源局,铜仁 554300
3 贵州科学院山地资源研究所,贵阳 550004

摘要:以喀斯特地区耕地生态承载力供需关系作为切入点,采用 GIS 软件和耕地生态足迹模型,在修正耕地产量因子的基础上构建喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡指数,对以喀斯特地貌为主的毕节市 2014 年耕地生态足迹供需平衡现状进行分析评价。结果显示:(1)毕节市耕地生态足迹供需在空间分布上呈现北部盈余而南部超载的态势;(2)国内生产总值与耕地生态足迹供需平衡指数之间存在负相关关系;(3)耕地生态承载力供需平衡指数与潜在石漠化、轻度石漠化及中度石漠化面积占比之间存在负相关关系,与强度石漠化面积占比存在正相关关系;(4)全市 8 县(区)中,4 个县(区)耕地生态盈余,2 个县耕地生态平衡,2 个县耕地生态赤字,全市约 75.28%的人口生活在耕地生态盈余区和平衡区,24.72%的人口生活在耕地生态赤字区。可为毕节市农业产业结构调整、生态安全预警、区域经济发展及土地利用总体规划编制提供决策依据。

关键词:喀斯特;耕地;生态承载力;供需平衡;毕节市

Ecosystem carrying capacity balance of the Karst region in China, based on the supply and demand of cultivated land

WANG Yajing[1,2], XIE Binggeng[1,*], LI Xiaoqing[1], ZHAO Weiquan[3], WANG Jinyan[2], LUO Haibo[2]
1 *Department of Resources and Environmental Science, Hunan Normal University, Changsha* 410080, *China*
2 *Tongren Municipal Bureau of Land and Resources, Tongren* 554300, *China*
3 *Institute of Mountain Resource, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang* 550004, *China*

Abstract: The present study investigated the ecological carrying capacity of the Karst region in China, with regard to the relationship between the supply and demand of cultivated land. The study was performed by applying GIS software and the cultivated land ecological footprint method, and the ecological carrying capacity balance index of cultivated land was calculated using the corrected cultivated land production factor of Bijie City in 2014. The results indicated that (1) there is a surplus and deficit in the balance of cultivated land in northern and southern Bijie, respectively; (2) there is a negative correlation between gross domestic product and the cultivated land balance index; (3) there is a negative correlation between the cultivated land balance index and slightly and moderately rocky desertification but a positive correlation between the cultivated land balance index and intense rocky desertification; (4) and, of the eight counties in Bijie City, four possess an ecological surplus, two possess an ecological balance, and two possess an ecological deficit of cultivated land, with 75.28% of the city's population living in areas of ecological balance and surplus and 24.72% living in areas of ecological deficit. The results of the present study provide a basis for decision-making with regard to the adjustment of

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0502406);教育部人文社科重点研究基地重大项目(14JJD720016);2014 年度"西部之光"人才培养计划项目"基于 LUCC 的贵州赤水河流域生态风险监测与评估"
收稿日期:2016-09-03; **网络出版日期**:2017-07-11
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: xbgyb@ sina.com

agricultural structure, early detection of ecological security issues, regional economic development, and land-use planning in Bijie City.

Key Words: Karst; cultivated land; ecological carrying capacity; supply-demand balance; Bijie City

在工业化和城镇化迅速发展,区域生态环境和经济结构发生变化的情况下,探讨可持续发展之路已成为当前景观生态学研究的热点问题。人类社会要可持续发展,就必须维持自然资产的存量使其可持续利用[1]。如果人类活动对自然生态系统的压力处于生态系统可承载的范围之内,人类社会的发展就是可持续的[2]。Rees 和 Wackernagel 等[3-4]学者于 1992 年提出了"生态足迹"的概念和评价指标,该指标通过测算人类生存对自然生态服务的需求与自然生态系统所能提供服务之间的差距,就可以在全球、国家以及区域尺度上了解人类活动对自然生态系统的利用状况。国内外学者们运用生态足迹模型对不同区域进行了大量的实证研究[5-12],众多研究结果表明生态足迹模型是一种有效的定量研究区域可持续发展的方法[13-15]。喀斯特地区生态环境脆弱,一些学者对该地区生态系统的服务功能价值变化及其影响因素进行了深入研究[16-19],而针对喀斯特地区耕地生态服务的区域性研究较少,且这些研究成果中只是说明了耕地生态服务功能的估算方法[20]、生态亏盈关系[21]、生态承载力及生态足迹的构成[22-24],没有体现出喀斯特地区耕地生态供需平衡状况与不同等级石漠化强度及经济发展水平之间的相互关系。因此,本研究应用 GIS 技术和耕地生态足迹模型,对贵州省以喀斯特地貌为主的毕节市耕地生态供需平衡进行研究,从耕地供需关系角度分析喀斯特地区耕地保护、生态安全以及受不同等级石漠化强度和经济发展现状的影响状况,对于维持喀斯特地区耕地生态服务的可持续性,促进喀斯特地区耕地资源合理开发利用,以及人与自然环境协调发展具有很好的指导意义。同时该研究可为毕节市农业产业结构调整、生态安全预警、区域经济发展及土地利用总体规划编制提供决策依据。

1　研究区概况

毕节市位于贵州省西北部,地处川、滇、黔三省结合部,东靠贵阳市、遵义市、南连安顺市、六盘水市,西邻云南省昭通市、曲靖市,北接四川省泸州市,地跨 105°36′—106°43′E 、26°21′—27°46′N 之间,国土面积 26853km^2,其中耕地面积占 46.36%。毕节市位于云贵高原向东部低山丘陵过渡的斜坡地带,境内地层复杂多样,既有溶蚀的石山、石丘、漏斗、暗河、溶洞和溶沟,又有侵蚀的山地和谷地,中山山地和丘陵占幅员面积 90%。主要土壤类型有黄棕壤、黄壤、石灰土、紫色土、水稻土、沼泽土和潮土等,其中,石灰土和黄壤是全市分布面积最广的土壤类型。全市地处北亚热带季风湿润气候,夏无酷暑,冬无严寒,季风气候比较明显,降雨量较为充沛,多年平均温度在 10—15℃,年均降水量在 849—1399mm 之间。根据 2005 年国家林业局《西南岩溶地区石漠化监测调查》统计,毕节市岩溶裸露面积 21297.17 km^2,占全市国土面积 79.31%。全市石漠化面积 1137.96 km^2,潜在石漠化面积 989.48 km^2,分别占总土地面积的 33.39%、29.03%[25]。全市幅员面积 2.69 万 km^2,现辖 8 县区,2014 年全市总人口为 880.79 万人,其中农业人口 815.21 万人,占总人口比重 92.55%,人均纯收入 6223 元。

2　研究方法、数据来源及处理

2.1　模型构建

2.1.1　需求模型

耕地是生态足迹模型中的六大生产性用地之一,按照生态足迹定义及计算方法,耕地生态足迹指的是生产粮食、蔬菜、油料等作物和吸纳这些作物被消费产生的废弃物所需要的耕地面积。通过测度一定区域内人类对耕地生态服务的需求,与耕地所能够提供生态服务之间的差距,比较分析人类对耕地资源的利用强度及耕地本身的承载力。计算公式如下:

$$EF = N \times ef \tag{1}$$

$$ef = \sum_{i=1}^{n} rA_i \tag{2}$$

式中,EF 为研究区耕地总的生态足迹;N 为研究区人口总数;ef 为研究区人均耕地生态足迹;i 为消费项目;r 为研究区耕地均衡因子;A_i 为研究区人均第 i 种消费项目,经过折算的生产性耕地面积。由于毕节市耕地主要种植的作物有玉米、稻谷、小麦、薯类、油菜籽、烤烟和蔬菜,因此在耕地生态足迹和生态承载力的计算分析中涉及的生物产品主要有这 7 种作物。研究表明耕地均衡因子在长期时间段内发生的变化很微妙,目前国内外比较认可的是 Wackernagel 等于 2004 年修正后的耕地均衡因子 2.17[26],所以本研究在计算中引用了该因子。

2.1.2 供给模型

耕地生态承载力指的是研究区域内拥有生物生产性能力的耕地面积,其能够反映耕地生态系统对人类需求的供给程度。计算公式为:

$$EC = N \times ec \tag{3}$$

$$ec = a \times r \times y \tag{4}$$

式中,EC 为研究区域内总的生态承载力;ec 为研究区域内人均耕地生态承载力;a 为研究区域内人均生物生产性土地面积;y 为研究区耕地产量因子。多数学者计算引用的耕地产量因子是 Wackernagel 等在计算中国生态足迹时所采用的产量因子 1.66[27]。由于毕节市属于喀斯特地区,生态环境脆弱,水土流失严重,土壤贫瘠,因此有必要对耕地产量因子进行修正。农作物的产量因子是指该作物平均产量与全球平均产量的比值[28],本研究以毕节市 2014 年相关数据为基础,对喀斯特地区耕地产量因子进行了修正(表 1)。此外,按照原生态足迹模型在计算生态承载力时,需要扣除 12%的总生产性土地面积作为生物多样性保护区域[29]。

表 1 毕节市 2014 年耕地产量因子计算结果

Table 1 The result of cultivated land yield factors in Bijie City in 2014

项目 Items	玉米 Corn	稻谷 Rice	小麦 Wheat	薯类 Potato	油菜籽 Rapeseed	烤烟 Cured tobacco	蔬菜 Vegetables
年产量 Annual producti/(10^4t)	100.68	25.05	12.07	84.16	13.3	7.57	186.39
种植面积 Planting area/(10^3hm^2)	173.62	41.77	67.02	251.56	62.75	58.39	166.35
平均产量 Average values/(kg/hm^2)	5799	5997	1801	3346	2119	1296	11205
全球均产量 The average values of global/(kg/hm^2)	6147	4624	3932	3044	2754	1684	21600
作物产量因子 Yield factor of crops	0.94	1.3	0.46	1.1	0.77	0.77	0.52
占总耕地面积比例 The proportion of cultivation of crops/%	21.13	5.08	8.16	30.62	7.64	7.11	20.25
耕地产量因子 Yield factor of cultivation land	1.02						

2.1.3 供需平衡模型

本研究在分析毕节市耕地生态供需的基础上,选用耕地生态承载力供需平衡指数(EI)来分析研究区耕地生态供需平衡关系。EI 指的是研究区人均耕地生态足迹与人均耕地生态承载力两者之间的比值,其结果反映了研究区耕地生态资源需求与供给之间的关系:

$$EI = \frac{ef}{ec} \tag{5}$$

当 EI 等于 1 时,表明区域耕地生态服务平衡;EI 大于 1 时,表明区域耕地生态赤字;EI 小于 1 时,表明区域耕地生态服务盈余。在理论上 EI 等于 1 时,说明区域内耕地生态服务平衡,但现实中出现这种情况的概率较小,因此,本研究结合喀斯特地区的实际情况,将比值上下浮动 0.15 作为生态服务平衡区,即 EI 介于0.85—1.15 为喀斯特地区耕地生态服务平衡区,EI 小于或等于 0.85 为生态盈余区,EI 大于或等于 1.15 为生态赤字

区。最后,根据研究区耕地生态平衡区域、盈余区域、赤字区域的 *EI* 范围,并结合其与平均值的关系将研究区耕地生态供给状况再细分为 5 个级别,具体划分标准如表 2 所示。

表 2　基于 *EI* 的毕节市耕地生态承载力供需平衡评价标准划分

Table 2　The evaluation criteria based on index of ecological carrying capacity of cultivated land for ecological carrying capacity of cultivated land supply and demand balance

类型 Type	承载状况 Bearing capacity status	*EI*
生态赤字区 The area of ecological deficit	严重超载	1.45 ≤ *EI*
	超载	1.15 ≤ *EI* <1.45
生态平衡区 The area of ecological balance	平衡	0.85 <*EI* <1.15
生态盈余区 The area of ecological surplus	盈余	0.55 ≤ *EI* ≤ 0.85
	富裕	0.55 <*EI*

EI :耕地生态承载力供需平衡指数 The balance index of between supply and demand of the cultivated land ecological carrying capacity

2.2　数据来源

毕节市玉米、稻谷、小麦、薯类、油菜籽、烤烟、蔬菜、人口、GDP 及其他地理现状数据来源于《贵州省统计年鉴 2015》、《毕节市统计年鉴 2015》、《2014 年毕节市国民经济和社会发展统计公报》;各区县耕地生态足迹计算中农作物的消费量选用的是全市人均消费量数据;全球玉米、稻谷、小麦等相关数据来源于《国际统计年鉴 2015》;遥感影像及解译辅助数据资料包括:研究区 2014 年 Landsat TM 影像数据,来源于中科院对地观测与数字地球科学中心"对地观测数据共享计划网",毕节市 1:5 万地形图(1977 年),1:5 万土地利用现状图(2014 年),1:20 万水文地质图(1978 年)及行政区划图件均来源于毕节市国土资源局,毕节市 1:5 万土壤图(1991 年)来源于毕节市农业局。

2.3　数据处理

2.3.1　喀斯特地区石漠化强度等级划分标准

考虑的角度不同,石漠化强度等级划分的标准也不同,本研究参考熊康宁等人的研究成果,根据喀斯特地区基岩裸露率及植被覆盖度进行分级,按照坡度、土壤厚度、基岩裸露率、植被和土被覆盖度等多项指标,划分为无石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化和极强度石漠化 6 个等级[30]。

2.3.2　石漠化信息获取

石漠化信息的获取,应用了 ENVI5.0 自带的决策树分析模块。首先,对遥感影像进行校正、配准、镶嵌及信息增强;其次,以预处理后的数据源作为基础进行波段运算,计算归一化裸土指数 BI 和植被指数 NDVI,生成植被覆盖度及裸露率[31];然后,借助土地利用现状图及水土地质图获取石漠化及非石漠化区域;最后,应用 ENVI5.0 自带的决策树分析模块及等级划分标准,并根据实地调查验证和修改图斑信息,得到研究区不同强度石漠化等级分布图(图 1)。

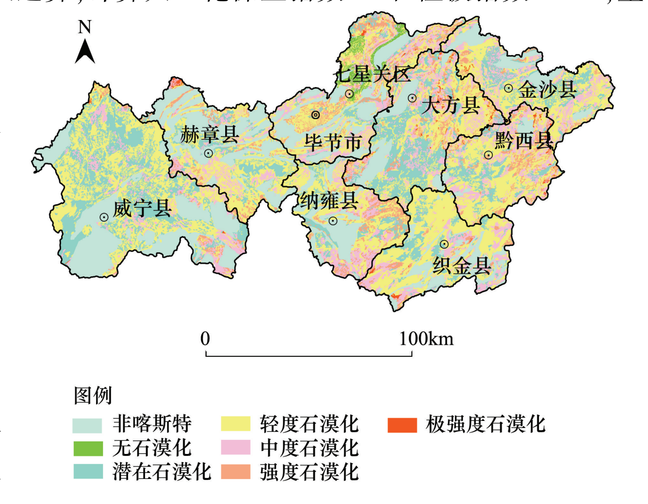


图 1　2014 年毕节市不同强度石漠化等级分布图

Fig.1　Distribution map of rocky desertification of Bijie in 2014

3　结果与分析

3.1　毕节市耕地生态足迹评价

毕节市 2014 年总的耕地生态足迹 1726869.17 hm^2,人均 0.2 hm^2。依据各县(区)耕地生态足迹与全市县(区)平均耕地生态足迹的比值,各县(区)人均耕地生态足迹与全市人均耕地生态足迹的比值,根据其与平均值的关系,本研究将该比值分为 3 类。研究结果表明,这两组比值均以中值区占主导,各县(区)耕地生态

足迹与全市县(区)平均耕地生态足迹比值的高值区为西部的威宁县和南部的织金县(图 2),各县(区)人均耕地生态足迹与全市人均耕地生态足迹比值的高值区为南部的纳雍县和织金县(图 3)。总体来看,毕节市各县(区)耕地生态足迹与全市县(区)平均耕地生态足迹的比值及各县(区)人均耕地生态足迹与全市人均耕地生态足迹的比值分布区域具有较好的一致性,这是因为生态足迹的大小与区域人口总数具有直接关系,人口总数多的县(区)耕地生态足迹大。

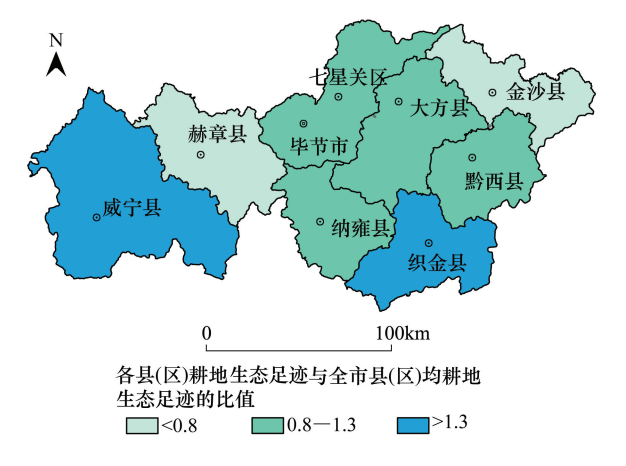


图 2 各县(区)耕地生态足迹与全市县(区)平均耕地生态足迹的比值

Fig.2 The ration of ecological footprint of of county-level and the average of ecological footprint of cultivated land of Bijie city

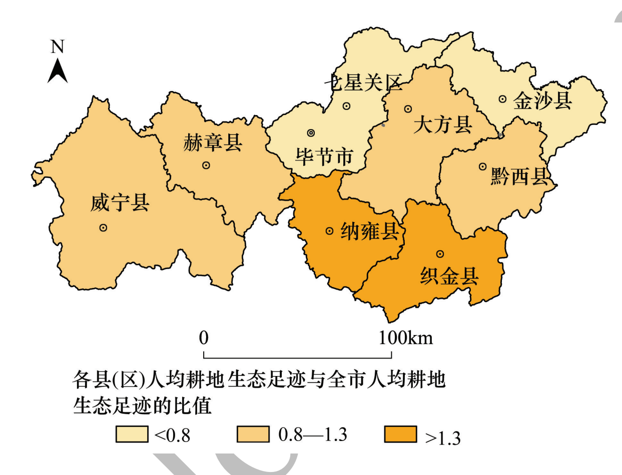


图 3 各县(区)人均耕地生态足迹与全市人均耕地生态足迹的比值

Fig.3 The ration of the per capita ecological footprint of cultivated land of county-level and the per capita of ecological footprint of cultivated land of Bijie city

3.2 毕节市耕地生态承载力评价

毕节市 2014 年县(区)平均耕地生态承载力 247917.69 hm^2,人均 0.23 hm^2。依据各县(区)耕地生态承载力与全市县(区)平均耕地生态承载力的比值,各县(区)人均耕地生态承载力与全市人均耕地生态承载力的比值,同样将该比值分为 3 类。毕节市各县(区)耕地生态承载力与全市县(区)平均耕地生态承载力的比值以低值区和中值区占主导,低值区域的分布比较分散,而中值区域的分布相对集中(图 4);各县(区)人均耕地生态承载力与全市人均耕地生态承载力的比值以中值区和高值区占主导,分布比较集中(图 5)。各县(区)耕地面积的差异性是造成人均耕地生态承载力和总耕地生态承载力空间不相匹配的主要原因。

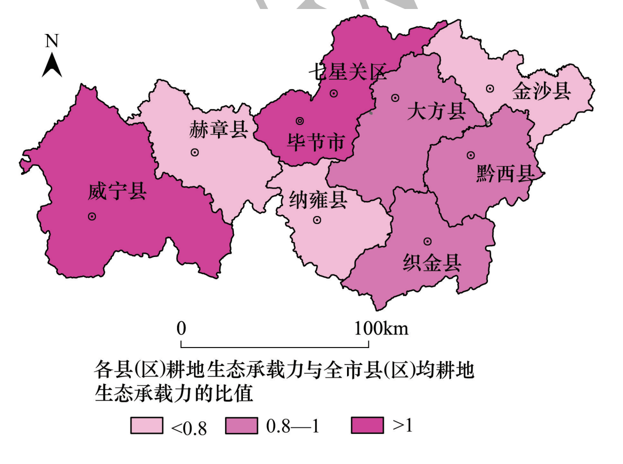


图 4 各县(区)耕地生态承载力与全市县(区)平均耕地生态承载力的比值

Fig.4 The ration of ecological carrying capacity of cultivated land of county-level and the average of ecological carrying capacity of cultivated land of Bijie city

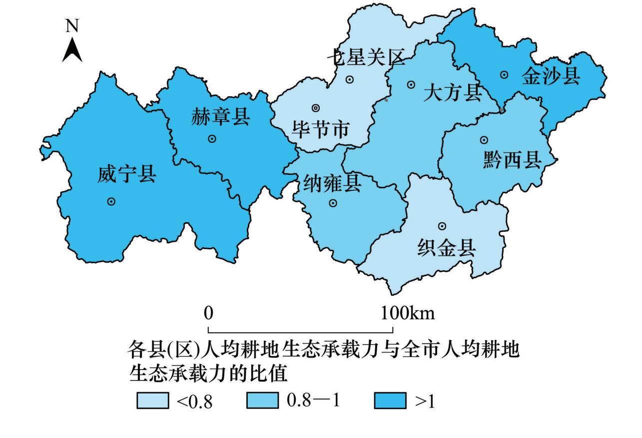


图 5 各县(区)人均耕地生态承载力与全市人均耕地生态承载力的比值

Fig.5 The ration of ecological carrying capacity of cultivated land per capita of county-level and the per capita of ecological carrying capacity of cultivated land of Bijie city

3.3 毕节市耕地生态承载力供需平衡评价及影响因素分析

本文在分析毕节市耕地生态供需平衡的基础上,结合耕地生态承载力供需平衡指数(*EI*)及分级标准,对各县(区)耕地生态承载状况进行分析,如表 3 所示。毕节市耕地生态盈余的县(区)最多,共有 4 个,占全市总县(区)数的 50%;生态平衡区和赤字区各包括 2 个县(区)。从所容纳的人口数量来看,耕地生态盈余区容纳的人口最多,4 个县(区)共容纳人口 480.13 万人,约占全市总人口的 55.09%;耕地生态赤字区次之,两个县共容纳人口 215.41 万人,约占全市总人口的 24.72%;耕地生态平衡区人口最少,容纳人口 176.02 万人,约占全市人口的 20.2%。从土地面积来看,耕地生态盈余区的面积最大,约 597662.5 hm^2,约占全市耕地总面积的 60.03%;耕地生态赤字区次之,约 199979.6 hm^2,约占全市耕地总面积的 20.09%;耕地生态平衡区最少,约 197981.3 hm^2,约占全市耕地总面积的 19.89%。总体而言,毕节市耕地生态承载力供需在空间分布上存在较为明显的差异性,表现为北部盈余而南部超载的态势(图 4)。耕地生态盈余区和平衡区人口约占全市总人口的 75.28%,而耕地面积占全市总耕地面积的 79.91%;生态赤字区有着 20.09%的全市耕地面积,却承载着全市 24.72%的人口。

表 3　毕节市基于 *EI* 的耕地生态承载力供需平衡评价

Table 3　Evaluation of ecological carrying capacity of cultivated land supply and demand balance of Bijie City

类型 Type	承载状况 Bearing capacity status	县(区) County(districts) 数量/hm^2 Number	县(区) County(districts) 比重/% Proportion	人口 Population 数量/hm^2 Number	人口 Population 比重/% Proportion	土地 Land 数量/hm^2 Number	土地 Land 比重/% Proportion
生态赤字区 The area of ecological deficit	严重超载	1	12.5	115.26	13.23	104529.2	10.5
	超载	1	12.5	100.15	11.49	95450.4	9.59
	小计	2	25	215.41	24.72	199979.6	20.09
生态平衡区 The area of ecological balance	平衡	2	25	176.02	20.2	197981.3	19.89
生态盈余区 The area of ecological surplus	盈余	3	37.5	413.42	47.44	512067.7	51.43
	富裕	1	12.5	66.71	7.65	85594.8	8.6
	小计	4	50	480.13	55.09	597662.5	60.03
总计 Total		8	100	871.53	100	995623.4	100

为了分析研究区耕地生态承载力供需平衡现状与不同等级石漠化强度及经济发展的关系,本文选取 2014 年各县(区)国内生产总值及不同等级石漠化强度面积所占比例与 *EI* 进行相关性分析。因为研究区各县(区)极强度石漠化面积很小,所以在计算中对极强度和强度石漠化面积进行了合并。结果发现各县(区)*EI* 与国内生产总值、潜在石漠化、轻度石漠化及中度石漠化面积所占比例之间存在明显的负相关关系,与强度石漠化面积所占比例存在正相关关系(图 7、图 8),即国内生产总值较高的县(区)耕地生态承载力供需平衡状况良好,而国内生产总值低的县(区)呈现出超载或严重超载的趋势,这是因为国内生产总值高的区县三大产业中第三产业所占比重较高,在一定程度上缓解了人地矛盾,人类活动对耕地及生态环境的破坏减少,而国内生产总值低的区县一、二产业所占比重很高,如纳雍县一、二产业占 71%,产业发展以农业和工业为主,对耕地及矿产资源的依赖性很强,人地矛盾突出,耕地生态承载力呈现超载的趋势;在一定程度上潜在石漠化、轻

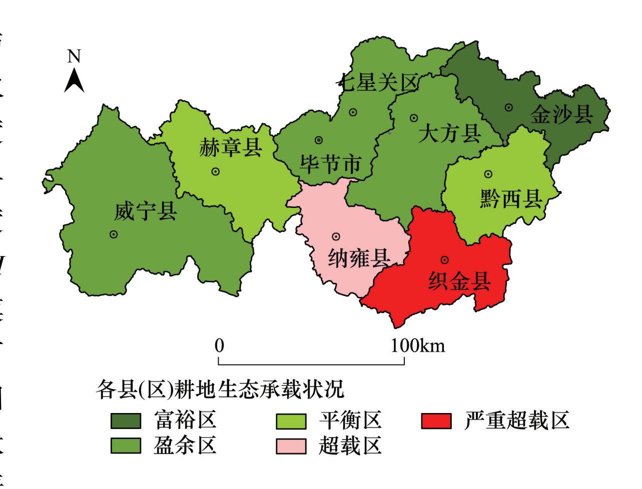


图 6　毕节市耕地生态承载力供需平衡空间分布格局

Fig. 6　Spatial patterns of cultivated land ecological carrying capacity supply and demand balance of Bijie City

度石漠化和中度石漠化面积所占石漠化总面积比例高的县(区)耕地生态承载力状况良好,在喀斯特地区潜在、轻度、中度石漠化区域依然可以用于农业生产,而强度石漠化区域,水土流失严重,土壤退化和肥力耗竭,已经完全失去了耕作的条件,人地矛盾突出,农民垦荒严重,所以强度石漠化面积占比高的县(区)耕地生态承载力呈现超载的趋势。

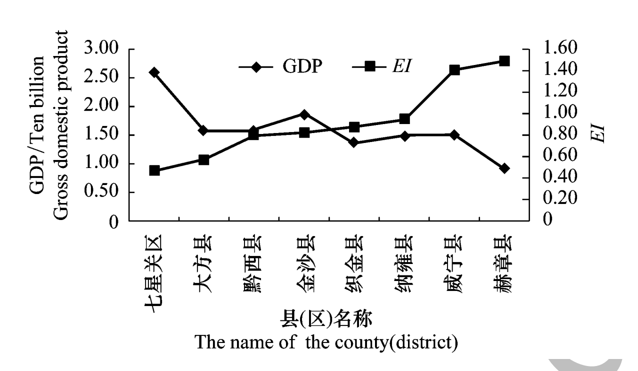


图 7 各县(区)耕地生态承载力供需平衡指数与国内生产总值的关系

Fig.7 The relationship between the ecological carrying capacity balance index of cultivated land and gross domestic product at county-level

4 结论与讨论

喀斯特地区生态环境脆弱,人地矛盾突出,水土流失和石漠化严重,关于该地区生态服务功能提升以及民生改善成为当前学术界关注的热点问题,而对喀斯特地区耕地生态供需平衡状况与不同等级石漠化强度及经济发展水平之间的相互关系研究较少。因此,本研究以喀斯特地区耕地生态承载力供需关系为切入点,同时借助耕地生态足迹模型,对毕节市 2014 年耕地生态承载力供需平衡进行研究,结论如下:(1)毕节市耕地生态承载力供需在空间分布上存在较为明显的不平衡性,总体上呈现出北部盈余而南部超载的态势;(2)各县(区)国内生产总值与耕地生态承载力供需平衡指数之间存在负相关关系,施开放等[1]、刘东等[9]研究结果显示非喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡指数与经济发展水平之间存在正相关关系,而这也是喀斯特地区有别于其他区域的特点;(3)各县(区)耕地生态承载力供需平衡指数与潜在石漠化、轻度石漠化及中度石漠化面积占比之间存在负相关关系,与强度石漠化面积占比存在正相关关系;(4)全市 8 县(区)中,4 个县(区)耕地生态盈余,2 个县耕地生态平衡,2 个县耕地生态赤字,全市约 75.28%的人口生活在耕地生态盈余区和平衡区,24.72%的人口生活在耕地生态赤字区。近年来随着工业强省战略的实施和城镇化进程的加快,耕地被占用时有发生,势必会加剧该地区耕地生态赤字的程度。毕节市是贵州省石漠化最严重的地区,其耕地生态承载力供需平衡状况的改善对于全省生态环境的改善起到决定性的作用。因此,毕节市在制定土地利用总体规划的过程中,要协调好经济建设与耕地保护之间的关系,金沙、威宁、赫章、七星关区、大方、黔西 6 区县耕地生态承载力处于平衡以上状态,在土规调整过程中应坚守原有的耕地面积指标不变,即可实现人地和谐;纳雍县、织金县耕地生态承载力处于超载区,因此在土规调整过程中要预留出 5%的其他用地作为后备耕地进行整治开发,严格限制现有耕地转为其他用地。

喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡是一个动态过程,与当地的经济发展水平、人口数量及不同等级石漠化强度面积变化有很大关系,已有的研究结果表明我国西南喀斯特地区石漠化扩张趋势初步遏制,但局部地区仍在恶化,防治形势很严峻[32],另外国家已全面放开二胎计划生育政策,这势必会加剧喀斯特地区耕地生态供需矛盾,将会成为后续研究所关注的问题。

5 扶贫工作建议

科学实施土地综合分区整治。综合考虑毕节市贫困现状和规划要求,注重土地整治规划与各类规划相衔接,将农业产业发展与土地整治、新农村建设捆绑布局。加大农村闲置和低效利用耕地整治,开展田、水、路、人、村综合整治,改善村民的人居环境和生产条件。

积极推进农村集体土地流转。通过媒体宣传和实地调研引导农户积极开展集体土地流转,鼓励当地种田能手、引进龙头企业开展农业规模化种养,倡导村民就近就业务工,促进贫困农户脱贫致富。

做好贫困人口每人 1 亩优质农田整治工作。依托贵州省国土资源厅《土地整治服务精准脱贫 2016 年为 10 万就地脱贫人口每人整治 1 亩优质农田实施方案》,积极争取中央、省、市级土地整治项目资金,做好耕地

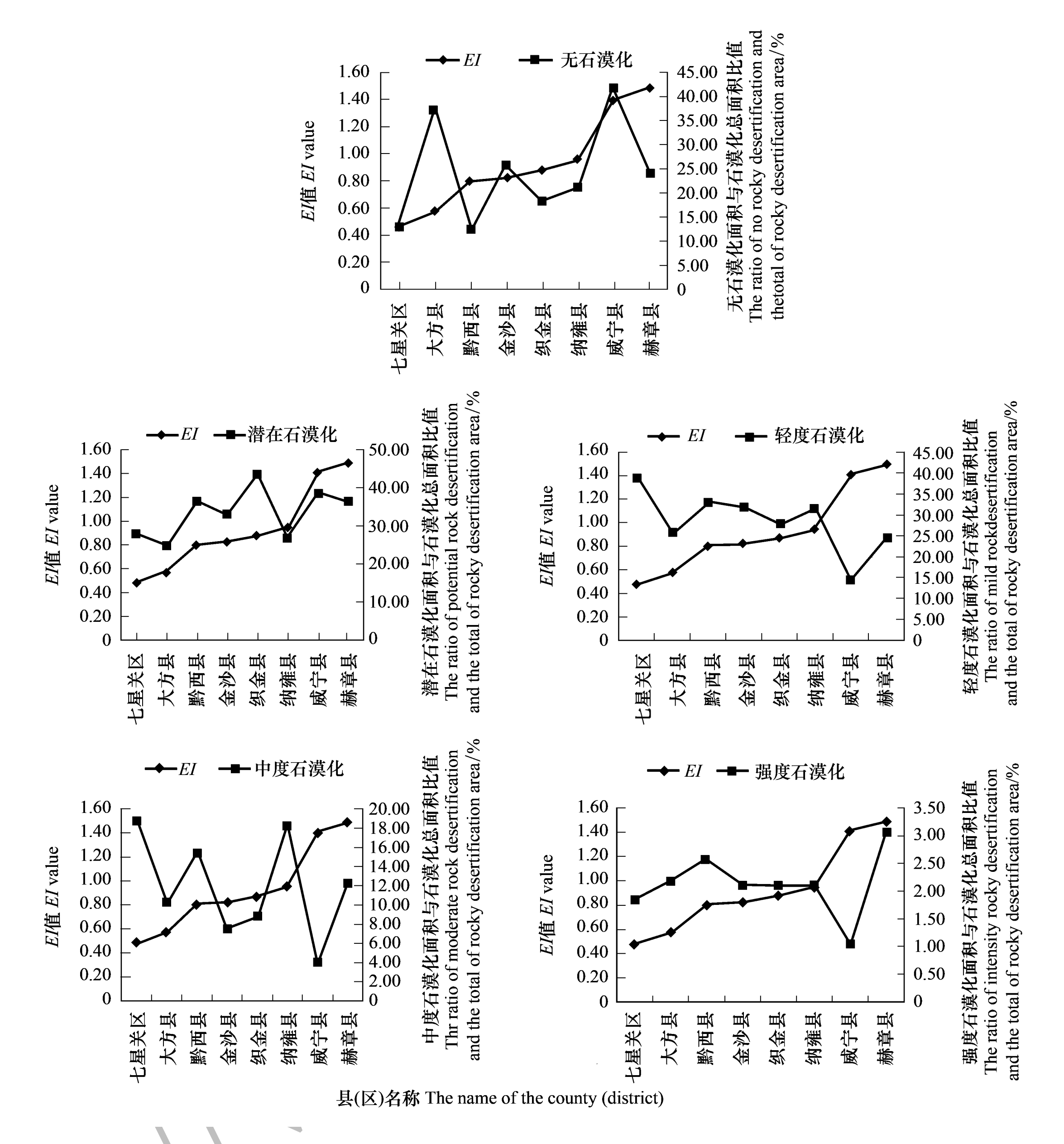


图 8　各县(区)不同等级石漠化占比与耕地生态承载力平衡指数之间关系

Fig.8　The relationship between the proportion of rocky desertification and ecological carrying capacity balance index of cultivated land at county-level

整治和质量提升工作。

分批次实施生态搬迁。研究表明喀斯特地区生态环境恶化的区域往往属于经济发展落后的地区,毕节市耕地生态承载力总体上表现为北部盈余而南部超载的趋势,尤其南部的织金县超载极其严重,生态环境极度恶化。因此,有计划分批次实施移民搬迁,改善村民的居住环境和出行条件。

参考文献(References):

[1] 施开放, 刁承泰, 孙秀峰, 左太安. 基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究. 生态学报, 2013, 33(6): 1872-1880.

[2] 张志强, 徐中民, 程国栋, 陈东景. 中国西部 12 省(区市)的生态足迹. 地理学报, 2001, 56(5): 599-610.

[3] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriela Island, and Philadelphia: New Society Publishers, 1995.

[4] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. Environment and Urbanization, 1992, 4(2):

121-130.

[5] 杨屹，加涛. 21 世纪以来陕西生态足迹和承载力变化. 生态学报，2015，35(24)：7987-7997.

[6] 黄林楠，张伟新，姜翠玲，范晓秋. 水资源生态足迹计算方法. 生态学报，2008，28(3)：1279-1286.

[7] 田玲玲，罗静，董莹，刘和涛，曾菊新. 湖北省生态足迹和生态承载力时空动态研究. 长江流域资源与环境，2016，25(2)：316-325.

[8] 赖力，黄贤金. 全国土地利用总体规划目标的生态足迹评价研究. 农业工程学报，2005，21(2)：66-71.

[9] 刘东，封志明，杨艳昭. 基于生态足迹的中国生态承载力供需平衡分析. 自然资源学报，2012，27(4)：614-624.

[10] 安宝晟，程国栋. 西藏生态足迹与承载力动态分析. 生态学报，2014，34(4)：1002-1009.

[11] 傅春，陈炜，谢珍珍. 中部地区生态足迹的比较研究. 长江流域资源与环境，2013，22(11)：1397-1404.

[12] 费良军，黄宝友，孙胜祥. 陕西省土地整理工程生态承载力模型. 农业工程学报，2008，24(8)：80-83.

[13] 楚芳芳，蒋涤非. 基于能值改进生态足迹的长株潭城市群可持续发展研究. 长江流域资源与环境，2012，21(2)：145-150.

[14] 李炳意，师学义. 基于生态足迹的资源型城市可持续发展能力分析——以山西省晋城市为例. 水土保持研究，2016，23(2)：255-261.

[15] 陈兴鹏，崔理想，许新宇，李恒吉. 基于生态足迹的高台县耕地可持续利用分析. 西北师范大学学报：自然科学版，2012，48(4)：90-93.

[16] 吴松，安裕伦，马良瑞. 城市化背景下喀斯特流域生态服务价值时空分异特征——以贵阳市南明河流域为例. 长江流域资源与环境，2015，24(9)：1592-1598.

[17] 张明阳，王克林，刘会玉，陈洪松，章春华，岳跃民. 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征. 生态学报，2011，31(14)：3947-3955.

[18] 凡非得，罗俊，王克林，陈洪松，张伟. 桂西北喀斯特地区生态系统服务功能重要性评价与空间分析. 生态学杂志，2011，30(4)：804-809.

[19] 张亮，胡宝清. 基于土地利用变化的喀斯特地区生态服务价值损益估算——以广西都安瑶族自治县为例. 中国岩溶，2008，27(4)：335-339.

[20] 伍国勇，陆安霞，杨洋. 喀斯特地区耕地多功能价值测度的实证分析. 贵州农业科学，2010，38(10)：222-224.

[21] 邵技新，张凤太. 基于生态足迹的毕节市耕地资源负荷研究. 贵州农业科学，2010，38(9)：240-242.

[22] 李亮，但文红. 喀斯特石漠化地区耕地压力动态变化分析与预测. 广东农业科学，2014，41(2)：162-166.

[23] 吴桂平，曾永年，邹滨，齐庆超，杨松，杨凯. 湘西北喀斯特山区耕地变化与经济发展的相关性——以张家界市永定区为例. 山地学报，2007，25(4)：448-454.

[24] 朱利群，陈长青，卞新民. 基于重金属污染的耕地生态承载力改进模型研究. 生态与农村环境学报，2009，25(3)：21-24.

[25] 卢远，杨小雄. 基于 GIS 的层次分析法在城镇土地定级中的应用. 广西师范学院学报：自然科学版，2003，20(2)：73-77.

[26] Wackernagel M, Monfreda C, Erb K H, Haberl H, Schulz N B. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961-1999: comparing the conventional approach to an 'actual land area' approach. Land Use Policy, 2004, 21(3): 261-269.

[27] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Linares A C, López Falfán I S, García J M, Guerrero A I S, Guerrero M G S. National natural Capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics, 1999, 29(3): 375-390.

[28] 王建洪，任志远，苏雅丽. 基于生态足迹的 1997—2009 年西安市土地生态承载力评价. 干旱地区农业研究，2012，30(1)：224-229.

[29] 陈成忠，林振山. 中国生态足迹和生物承载力构成比例变化分析. 地理学报，2009，64(12)：1523-1533.

[30] 熊康宁. 喀斯特石漠化的遥感——GIS 典型研究. 北京：地质出版社，2002.

[31] 张盼盼，胡远满，肖笃宁，殷洁，李阳兵. 基于 GIS 的喀斯特高原山区石漠化景观格局变化分析. 农业工程学报，2009，25(12)：306-311.

[32] 左太安，刁承泰，苏维词，孙秀锋，官冬杰. 毕节试验区石漠化时空演变过程和演变特征. 生态学报，2014，34(23)：7067-7077.